

INSTITUT DES FORETS (IDEFOR)
département forêt

CIRAD Forêt

ESSAIS DE BOUTURAGE DU TECK

(Tectona grandis L.f.)

Stage de pré-emploi - 1er volet

Ingénieur :
KONAN Amani

Maître de stage :
Ivan Behaghel

Décembre 1997

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	3
I - MATERIEL ET METHODE	5
1.1 - Matériel végétal	5
1.2 - Méthode	5
1.2.1 - Conditions de culture	5
1.2.2 - Evaluation des racines	7
1.2.3 - Méthode d'analyse	7
II - RESULTATS	8
2.1 - Influence du substrat	8
2.2 - Aptitude des clones à l'enracinement	9
2.2.1 - Comparaison des origines de pieds mères	11
2.2.2 - Etude de l'aptitude des clones par origine de pieds mères	12
2.3 - Etude de l'influence de l'âge des boutures sur l'enracinement	15
2.4 - Influence de la vigueur de la bouture sur l'enracinement	16
2.5 - Influence de la longueur de la bouture en fonction de l'âge	18
CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	21
ANNEXES	

INTRODUCTION

Tectona grandis L.F., de la famille des Verbénacées, est une essence forestière précieuse dont l'aire naturelle s'étend de façon discontinue entre 9° - 25°30' de latitude Nord et 73° - 104° de longitude est, englobe le centre et le sud de la péninsule indienne, le Myanmar (ex-birmanie), la partie Nord de la Thaïlande et le Laos (O. Monteuis, 1995).

En Côte d'Ivoire, il a été introduit en 1929 (Delaunay, 1973) et constitue la première essence de bois d'oeuvre plantée (O. Souvannavong, 1983).

Un important travail d'amélioration génétique a déjà été réalisé en Côte d'Ivoire sur cette essence. Il a permis de sélectionner une centaine de clones particulièrement intéressants. Les critères de sélection retenus sont la hauteur de la fourche, la cylindricité, l'absence de bosses, la rectitude, la vigueur... Ces critères étant difficilement observables à l'état juvénile, les stratégies de sélection se sont orientées vers le teck de plantation.

Ces techniques de sélection du teck de plantation étant aujourd'hui bien développées, il faut trouver un moyen de reproduction conforme par bouturage en grande quantité des individus remarquables sélectionnés à maturité.

Le bouturage permet d'avoir des copies identiques d'un individu sans interférence de porte-greffe comme dans le cas du greffage. Il permet la sélection de génotypes dans des tests clonaux. C'est le seul moyen d'exploiter des supériorités dues à des combinaisons particulières non transmissibles par reproduction sexuée (cas des hybrides) (mémento du forestier, 1989).

Les études déjà réalisées dans ce domaine sur le teck donnent des informations précieuses sur l'obtention des pieds mères, la formation des boutures et leur enracinement :

1 - Déjà en 1973, dans le cadre de l'amélioration génétique du teck par reproduction végétative, Delaunay mettait une méthodologie en place : trois types de boutures (1 an, 2 ans, boutures de branches de teck de 5 ans) ont été utilisés sur deux types de substrats (sable, sciure). Malheureusement nous ne disposons pas des résultats de ses travaux.

2 - Souvannavong, en utilisant deux types de matériel végétal (jeunes pousses de stumps de 2 ans et jeunes pousses de plants greffés de 2 à 3 ans) et trois substrats (sable grossier, mélange de sable et de terre humifère 1:1), motte Melfert), montre :

- l'obtention d'une grande variabilité du taux d'enracinement suivant les clones (10% à 100%).
- à plus de deux mois d'élevage en pépinière, le substrat "terre humifère + sable" donne le meilleur taux d'enracinement. Ce taux varie de 50% à 97% selon les séries d'essais.
- l'application de l'AIB (acide Indole Butyrique) à 5% n'a pas d'effet significatif sur l'enracinement. Il devient toxique à des concentrations élevées.
- l'enracinement est satisfaisant pour les boutures terminales de pousses ayant 3 à 5 cm de longueur et diamètre inférieur ou égal à 5 mm.

L'arrosage est de type mist-system ou sous châssis.

3 - Monteuis O. (1995), en utilisant deux types de boutures montre pour sa part que :

- le type de boutures influe sur le pourcentage d'enracinement, mais également sur la cinétique de la rhizogenèse adventive.
- la meilleure bouture (type 1 : tige souple et pubescente, densité moyenne de noeuds apparents de l'ordre de 0,47 par cm de tige (2,5 noeuds visibles par boutures de 5 cm de long), entre-noeuds courts (basal de l'ordre de 2 cm), feuilles à limbe peu développé, couleur vert tendre), présente des taux moyens de réussite supérieurs à 80%. La production de ce type de boutures est

subordonnée au mode de gestion des pieds mères.

- quant à l'éducation de ces pieds mères, il remarque à l'instar d'autres espèces comme les eucalyptus, les opérations de taille sont susceptibles d'induire une revigoration des pousses engendrant des boutures de tiges rigides, plus vigoureuses et glabres, au lieu du rajeunissement souhaité, favorisant la production de boutures de type 1. L'adoption à terme d'un régime strict de gestion des pieds mères, avec des fréquences de taille-récoltes bien établies, devrait permettre la production des boutures de type 1 recherché.

4 - Il ressort des travaux de Vanié Bi sur le bouturage du teck que :

- l'arcure des pieds mères permet un débourrement rapide des boutures (3 semaines après recepage) en ce qui concerne leur production.
- le sable grossier et le Melfert constituent les meilleurs substrats pour le bouturage du teck.
- le mode d'éducation des pieds mères (boutures de pieds mères en pots et boutures de pieds mères en pleine terre), le mode de recepage des pieds mères (boutures de pieds mères arqués et boutures de pieds mères non arqués) et le niveau de prélèvement de l'organe (basal, intermédiaire et apical) sur le pied mère n'ont pas d'effet significatif sur l'enracinement des boutures.

A propos de la rhizogenèse, il montre que :

- les boutures prélevées après deux semaines de recepage ont un faible taux d'enracinement et taux de mortalité très élevé.
- les boutures prélevées après quatre semaines de recepage ont un taux d'enracinement satisfaisant. Mais l'enracinement est gêné par la production de cals à la base.
- les boutures prélevées après trois semaines de recepage ayant une structure anatomique intermédiaire, peuvent manifester un début de rhizogenèse à cause de la présence de la zone cambiale. L'enracinement peut être effectif à cause de l'absence de lignification des gaines de sclérenchymes.

5 - M. Godeau (1996, a), en utilisant des boutures de longueurs de 4,5 à 14 cm, possédant 2 à 3 paires de feuilles issues d'un recepage vigoureux, montre que :

- le substrat "terre + sable" sous mist-system donne le meilleur pourcentage d'enracinement (91%).
- les boutures plus vigoureuses au moment du bouturage, se sont mieux comportées, contrairement aux travaux de Souvannavong qui a montré que le développement racinaire est conditionné par la juvénilité des boutures mises en terre.

Par ailleurs, dans sa synthèse bibliographique sur le bouturage du teck, il affirme que la technique de base de production des boutures consiste soit en un recepage vigoureux des pieds mères à 20 cm du sol environ soit en l'arcure du brin principal. L'enracinement dépend de l'état physiologique des boutures, de leur conditionnement en pépinière.

Notre travail a pour but d'améliorer ces techniques de pépinière ou de bouturage. Ce rapport présente les études de l'influence du substrat, l'aptitude des clones à l'enracinement et les effets de l'âge et de la taille réalisées à la pépinière d'Abidjan.

I - MATERIEL ET METHODE

1.1 - Matériel végétal

Les boutures ont été prélevées sur des pieds mères de teck de diverses origines :

- * boutures de type 1 (T1) : pousses issues des clones greffés de plus de 10 ans (1986?).
- * boutures de type 2 (T2) : pousses issues des clones greffés de 9 ans qui proviendraient de la Ségué.
- * boutures de type 3 (T3) : pousses de plants de 3 ans issus de semis.
- * boutures de type 4 (T4) : tiges issues de semis de 4 mois.

Les différentes pousses utilisées ont été prélevées deux à 4 semaines après recepage des arbres de types 1, 2 et 3. Les boutures de type 4 sont des plants (semis) de 4 mois séparés de leurs racines.

Le recepage a consisté à l'élimination des branches et de la tige principale. La tige principale est sectionnée juste au-dessus des branches. Ceci nous a permis d'obtenir les premières boutures. La section des plants de 4 mois s'est faite juste au-dessus du collet.

Lorsque cela s'avère nécessaire, d'autres recepages en vue d'obtenir d'autres séries de boutures sont effectués. Il s'agit d'éliminer les rejets des premiers recepages sur les pieds mères.

1.2 - Méthode

1.2.1 - Conditions de culture

Les boutures ont été repiquées dans des caissettes (94X47X8 cm) remplies des différents types de substrats sous ombrière. Sous ombrière, les boutures reçoivent 70% de la lumière du jour (Vanié Bi, 1994). L'arrosage est effectué sous mist pendant la durée de la culture. Il fonctionne avec 1 mn 35 s de marche et 6 mn d'arrêt.

Nous avons sectionné les feuilles à moitié ou au tiers selon la surface du limbe. Cela pour éviter les pertes en eau excessives par évapotranspiration. Cette pratique permet également d'éviter l'accumulation de l'eau d'arrosage sur les feuilles pouvant entraîner le développement de moisissures.

* Etude de l'influence du substrat :

Quatre types de substrats ont été testés : terre humifère (provenant d'Anguédédou) - sable (pris en bordure de mer) - mélange de sable et terre humifère (proportion 1: 1) - mélange de terre humifère et de sciure d'essences diverses (proportion 1:1).

374 boutures ont été utilisées pour comparer les 4 substrats en trois séries. Les substrats 'terre' et 'sable' contiennent chacun 93 boutures. Les substrats 'terre + sable' et 'terre + sciure' contiennent chacun 94 boutures. Les boutures issues de chaque clone ont été réparties de façon homogène afin de pondérer l'effet 'provenance et aspect des boutures'.

Notons que les séries ont été définies en fonction des dates de récolte et de mise en place des boutures dans les caissettes:

- * série 1 : 16 au 17/06/97
- * série 2: 23 au 25/06/97
- * série 3 ; 25 au 28/07/97

tableau 1 a : nombre de boutures par série d'essai

Séries	Pieds mères	Date de recepape	Date de récolte	Age des rejets ou des btures	nombre de boutures	%/ mères
1	T1	22/05/97	16/06/97	25 jours	104	100
	T2				0	0
	T3				0	0
	T4				0	0
2	T1				0	0
	T2	06/06/97	23/06/97	17 jours	70	44,3
	T3	06/06/97	25/06/97	19 jours	36	22,8
	T4	25/06/97	25/06/97	4 mois	52	32,9
3	T1	04/07/97	25/07/97	21 jours	52	46,4
	T2	04/07/97	25/07/97	21 jours	20	17,9
	T3	04/07/97	28/07/97	24 jours	40	35,7
	T4				0	0

*** Recherche des meilleurs clones :**

Les rejets ont été prélevés sur les quatre types de matériel végétal cités plus haut. Chaque type de pieds mères, selon leur nombre et leur vigueur, a donné un certain nombre de boutures. Le tableau 1b présente le nombre de boutures par série d'essai et par type de pieds mères.

tableau 1b : nombre de boutures par série d'essai et par pieds mères

Séries	Pieds mères	nombre de boutures	nombre moyen de boutures par pied mère	Date de mise en place
1	T1	161	7,7	16 au 18/06/97
	T2	175	11	16 au 18/06/97
	T3	0	0	
	T4	58	14,5	24/06/97
2	T1	124	7,8	25 au 28/07/97
	T2	146	9	25 au 28/07/97
	T3	16	16	25 au 28/07/97
	T4	0	0	
3	T1	153	12,8	14 et 18/08/97
	T2	86	7,8	14 et 18/08/97
	T3	14	14	14 et 18/08/97
	T4			

Le substrat " terre + sable " a été arbitrairement choisi pour la culture de ces boutures

en pépinières. En effet, nous ne disposons pas encore des informations sur nos différents substrats en présence.

*** Recherche de l'effet de la taille et de l'âge sur l'aptitude à l'enracinement :**

Des boutures ont été récoltées deux semaines, trois semaines et quatre semaines après recepage et regroupées en fonction de leur taille :

Tableau 2 : caractéristiques des boutures

Taille des boutures	longueur des boutures	moyenne des noeuds par boutures	distance entre-noeuds	densité moyenne de noeuds par cm de tige
a	< 5 cm	3,7	0,1 - 3 cm	< 0,74
b	5 - 10 cm	4	0,1 - 3,5 cm	0,53
c	> 10 cm	4,5	2 - 9 cm	0,45

L'ensemble de ces boutures a été cultivé sur le substrat " terre " qui s'est révélé le meilleur parmi les substrats utilisés.

1.2.2 - Evaluation des racines

Après plus de 30 jours en pépinière, les boutures ont été arrachées de leur substrat. Le nombre de racines de chaque bouture a été évalué. La racine la plus longue et la racine la plus courte ont été mesurées par bouture (voir annexe 1).

Lors de l'évaluation des boutures enracinées, la majorité des boutures était en vie même si elles n'étaient pas toutes enracinées. Ces boutures vivantes ayant des cals à la place des racines ont été classées dans le groupe des " boutures mortes ". En effet, la production des cals empêche la croissance des méristèmes radicaux (formation de gaine de sclérenchyme lignifiée) et la division du cambium aboutit à une simple prolifération des cellules sans rhizogenèse.

1.2.3 - Méthode d'analyse

- Analyse des taux d'enracinement par substrat :

En ce qui concerne les substrats, l'analyse a porté sur le pourcentage d'enracinement, après transformation en $2 \cdot \text{Arcsin}[x]^{1/2}$ (transformation de Bliss).

- Analyse des taux d'enracinement des autres facteurs étudiés :

Nous avons utilisé le test du Ki deux pour comparer les différentes fréquences observées. Ce test compare les moyennes deux à deux à l'aide de la formule indiquée à l'annexe 2 (dagnelie P., 1970).

II - RESULTATS

2.1 - Influence du substrat

Le tableau 3 présente les taux moyens d'enracinement en fonction des substrats 33 jours après la mise en pépinière.

Tableau 3 : taux d'enracinement en fonction du substrat

Substrats	Date de mise en place	Nombre de boutures			Pourcentage de boutures		nombre de racines
		mises	enracinées	mortes	enracinées	mortes	
Terre	16 - 17/06/97	26	6	20	23.08	76.92	15
	23 - 25/06/97	39	36	3	92.31	7.69	99
	25 - 28/07/97	28	12	16	42.86	57.14	28
	total	93	54	39	52.75	47.25	142.00
Sable	16 - 17/06/97	26	2	24	7.69	92.31	2
	23 - 25/06/97	39	25	14	64.10	35.90	80
	25 - 28/07/97	28	15	13	53.57	46.43	71
	total	93	42	51	41.79	58.21	153.00
Terre + sable	16 - 17/06/97	26	4	22	15.38	84.62	16
	23 - 25/06/97	40	23	17	57.50	42.50	62
	25 - 28/07/97	28	13	15	46.43	53.57	34
	total	94	40	54	39.77	60.23	112.00
Terre + sciure	16 - 17/06/97	26	2	24	7.69	92.31	6
	23 - 25/06/97	40	34	6	85.00	15.00	80
	25 - 28/07/97	28	11	17	39.29	60.71	40
	total	94	47	47	43.99	56.01	126.00
Total général		374	183	191			

Les quatre traitements (terre humifère, sable, terre+sable, terre+sciure) sont statistiquement équivalents pour le taux d'enracinement au seuil $\alpha = 5\%$ du test de Student-Newman-keuls.

Les résultats de ce test sont présentés à l'annexe 3.

Le substrat " terre ", avec 52,75%, offre le meilleur pourcentage d'enracinement. Cependant, c'est sur le substrat " sable " que l'on trouve le meilleur développement racinaire (3,6 racines par boutures enracinées) même si la croissance de ces racines est la même pour tous les substrats en présence (voir tableau 4).

Tableau 4 : taille moyenne des racines mesurées par substrat

Substrats	séries	taille moyenne par racine mesurée (cm)
Sable	1	3,7
	2	4,7
	3	7,4
	moyenne	5,3
Terre	1	3,7
	2	5,5
	3	4,4
	moyenne	4,5
Terre+sable	1	2,8
	2	6,8
	3	8
	moyenne	5,9
Terre+sciure	1	3,5
	2	5,8
	3	8,7
	moyenne	6

Remarque : les mesures ne tiennent compte que des deux racines (plus longue et plus courte) par bouture enracinée (voir annexe 1).

Discussion

Contrairement aux travaux de Vanié-Bi (février 1994) et de Marc Godeau (mai 1996), c'est la terre humifère d'Anguédédou (qui n'a subi aucun traitement particulier) qui offre les meilleures conditions d'enracinement. Cela confirme les conditions spécifiques de chacun des essais (opérateur, période de l'année, etc.).

Les différents essais (séries) de bouturage ont donné des taux d'enracinement très variables et cela quel que soit le type de substrats.

Cela serait lié :

- au type de matériel utilisé lors des différentes séries d'essai. En effet, le matériel utilisé varie très souvent avec les numéros de série. La série1 qui a le taux d'enracinement le plus faible ne contient que le matériel végétal de type1. Ce T1 est absent au sein de la série2 où nous avons enregistré le plus fort taux d'enracinement.

- à l'âge des boutures au repiquage (les boutures de la série 2 sont plus jeunes).

Ces deux facteurs (influence du type de matériel et de l'âge de boutures à la récolte) seront étudiés ultérieurement.

2.2 - Aptitude des clones à l'enracinement

Le pourcentage d'enracinement par clone et par type de pieds mères de cette deuxième

étude est indiqué dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5 : pourcentage d'enracinement des clones par type de pieds mères

Clones	Nombre de boutures mises en place				Bturs enrac.	% d'enrac.	% de mort.
	série 1	série 2	série 3	total			
R2	4	13	0	17	0	0.00	100.00
16	3	8	11	22	7	31.82	68.18
R3	4	4	0	8	4	50.00	50.00
13	9	7	11	27	11	40.74	59.26
17	11	0	11	22	0	0.00	100.00
R4	1	0	29	30	13	43.33	56.67
R5	9	5	14	28	10	35.71	64.29
83	19	8	0	27	17	62.96	37.04
R6	15	0	14	29	4	13.79	86.21
60	12	8	6	26	0	0.00	100.00
96	11	9	7	27	3	11.11	88.89
103	11	0	0	11	0	0.00	100.00
54	2	12	16	30	21	70.00	30.00
62	7	8	0	15	5	33.33	66.67
64	8	16	12	36	6	16.67	83.33
R8*	3	0	0	3	3	100.00	0.00
R7	9	7	7	23	2	8.70	91.30
95	8	7	15	30	5	16.67	83.33
37	4	4	0	8	0	0.00	100.00
28	4	0	0	4	3	75.00	25.00
2	7	4	0	11	0	0.00	100.00
total T1	161	120	153	434	114	26.27	73.73
1	13	17	0	30	17	56.67	43.33
3	14	11	5	30	18	60.00	40.00
6	16	10	4	30	7	23.33	76.67
7	10	8	10	28	7	25.00	75.00
8	14	15	0	29	0	0.00	100.00
9	11	12	7	30	4	13.33	86.67
10	14	12	4	30	20	66.67	33.33
11	6	5	0	11	6	54.55	45.45
12	6	6	0	12	11	91.67	8.33
13	14	6	7	27	21	77.78	22.22
15	14	5	6	25	14	56.00	44.00
16	6	6	0	12	1	8.33	91.67
21	0	10	16	26	14	53.85	46.15
22	7	5	10	22	14	63.64	36.36
23	14	10	6	30	17	56.67	43.33
26	11	8	11	30	11	36.67	63.33
total T2	170	146	86	402	182	45.27	54.73

96/07 1	17	0	0	17	17	100.00	0.00
96/7	21	0	0	21	21	100.00	0.00
96/72	6	0	0	6	6	100.00	0.00
96/73	14	0	0	14	14	100.00	0.00
total T4	58	0	0	58	58	100.00	0.00
S3	0	16	14	30	23	76.67	23.33
total T3	0	16	14	30	23	76.67	23.33
Total	389	282	253	924	377	40.80	59.20

* : R8 est le huitième clone ayant perdu son numéro d'origine. Ce clone est donc à identifier.

2.2.1 - Comparaison des origines de pieds mères

T1 : boutures issues des pousses d'arbres de plus de 10 ans après leur recepage,

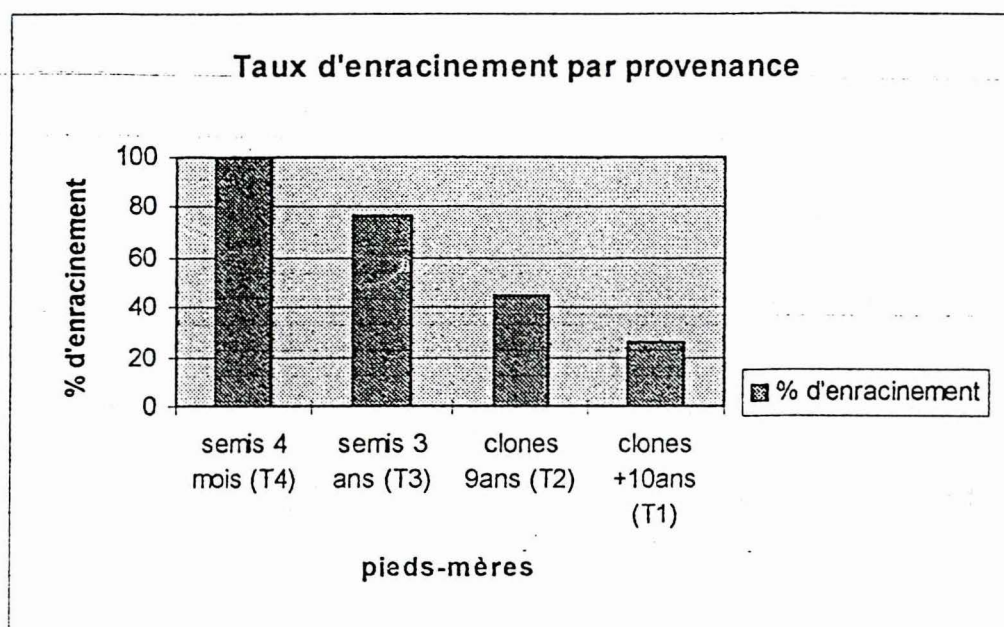
T2 : boutures issues des pousses d'arbres de plus de 9 ans après leur recepage,

T3 : boutures issues de rejets de semis de 3 ans après leur recepage,

T4 : tiges de semis de 4 mois.

Tableau 6 : pourcentage d'enracinement par type de pieds mères

types de pieds mères	boutures mises	boutures enracinées	% d'enracinement
arbres greffés de 10 ans (T1)	434	114	26,3
arbres greffés de 9 ans (T2)	402	182	45,3
semis de 3 ans (T3)	30	23	76,7
semis de 4 mois (T4)	58	58	100
Total	924	377	40,8



Le test de χ^2 au seuil de 5% révèle une différence significative entre les quatre types de pieds mères. Les semis de 4 mois présentent les meilleurs taux d'enracinement (100%). Les semis de trois ans ont 75% d'enracinement. Ils sont suivis par le T2 (42,3%) et le T1 (26,3%).

En général, les taux d'enracinement décroissent des plus jeunes semis (4 mois) aux arbres greffés de plus de 10 ans, beaucoup plus âgés. Les jeunes semis de 4 mois sont donc plus aptes à la multiplication végétative par la voie du bouturage.

Par ailleurs, les semis présentent des aptitudes au bouturage supérieures aux deux types d'arbres greffés en présence. Cette différence devient plus grande lorsque les arbres greffés sont plus âgés.

Ces résultats confirment les études de Béhagel I. sur le bouturage du Cedrela. Il montre en effet que les jeunes semis ont des aptitudes à la multiplication végétative bien supérieures à celles des clones de 3 ans.

Les opérations de taille au niveau des T1, T2 et T3 dans le but d'induire un rajeunissement et donc de contourner le phénomène de vieillissement, donnent des effets variables suivant l'âge des pieds mères : le T2 et le T3 moins âgés se comportent mieux que le T1, plus âgé. Le T1 est donc l'une des causes principales des faibles taux enregistrés lors des différentes séries de l'étude de l'influence du substrat.

2.2.2 - Etude de l'aptitude à l'enracinement des clones par origine de pieds mères

a) Boutures de type 1 (T1) :

Vingt un (21) clones ont pu être mobilisés au niveau du T1 et ont donné au total 434 boutures. Ces boutures ont été repiquées sur le substrat " terre+sable " en 3 séries (voir tableau 5). Les taux d'enracinement varient en fonction de l'aptitude à la multiplication végétative de chaque clone (voir histogramme 1).

Le test de χ^2 donne cinq groupes homogènes en fonction du nombre de boutures enracinées.

Le taux d'enracinement est fonction du clone. Pour le T1, il varie de 0% à 100%. Les clones dont le taux d'enracinement est supérieur à 30% (en ne retenant que les deux meilleurs groupes) seront retenus pour la suite de l'étude.

Groupes homogènes :

Clones	% d'enracinement	groupes homogènes (test de Ki2 à 5%)
R8	100	
28	75	
54	70	
83	63	
R3	50	
R4	43.3	
13	40.7	
R5	35.7	
62	33.3	
16	31.8	
64	16.7	
95	16.7	
R6	13.8	
96	11.1	
R7	8.7	
2	0	
17	0	
37	0	
60	0	
103	0	
R2	0	

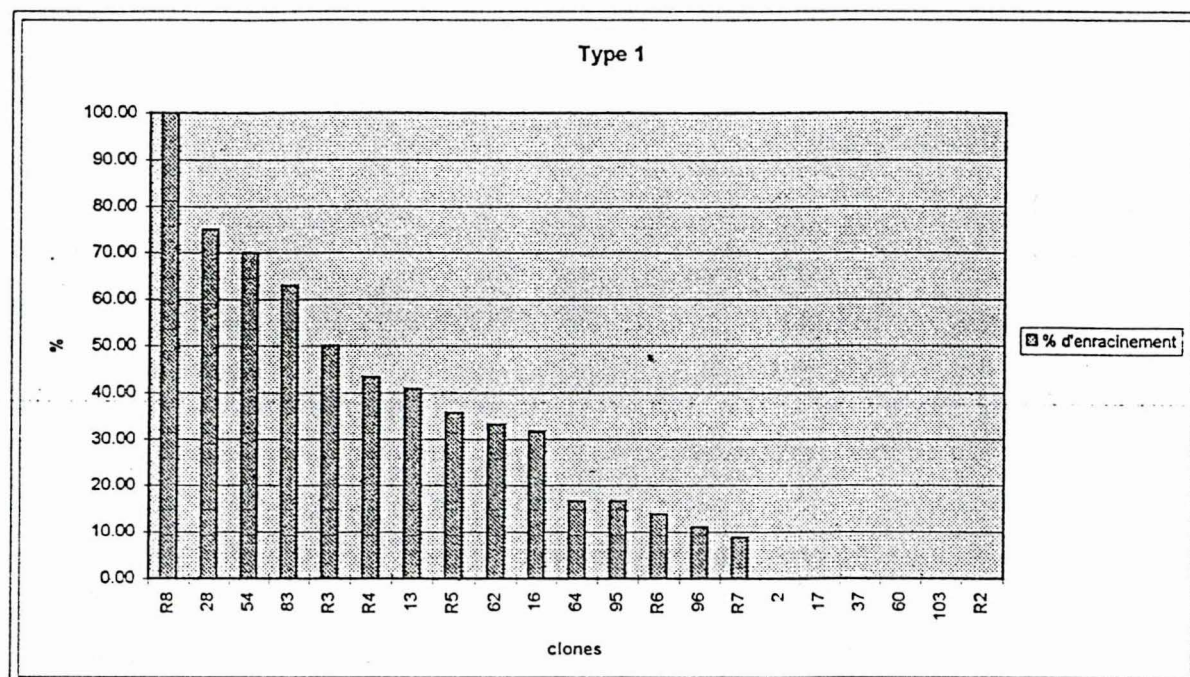
b) Boutures de type 2 (T2) :

Pour le T2, nous avons utilisé 16 clones pour 402 boutures et nous les avons cultivées dans les mêmes conditions que précédemment. Les taux d'enracinement par clone sont présentés sur le graphique (histogramme 2).

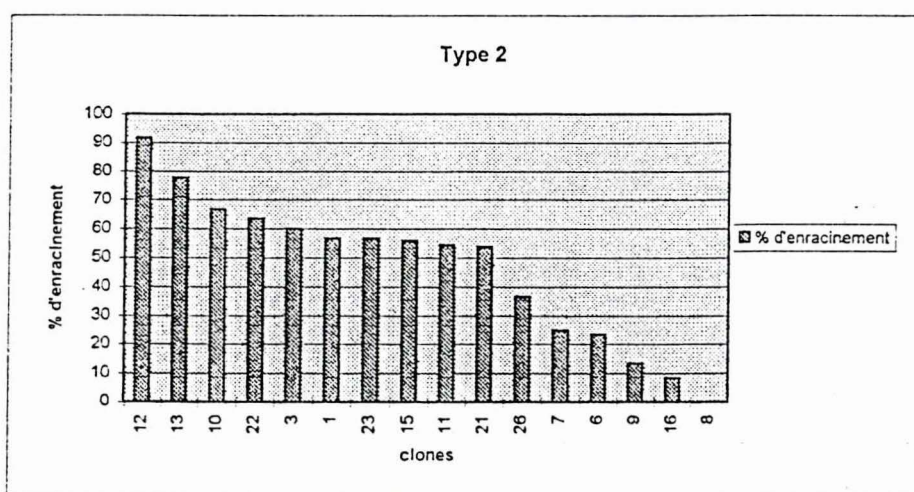
Le taux d'enracinement dépend de l'aptitude de chaque clone. Il varie ici de 0% à 91.7%.

Le test de χ^2 distingue six groupes homogènes. Les deux premiers groupes (taux d'enracinement supérieur à 36%) seront également retenus pour l'étude d'autres aspects du bouturage.

HISTOGRAMME 1 : taux d'enracinement des clones du type 1



HISTOGRAMME 2 : taux d'enracinement des clones du type 2



Groupes homogènes

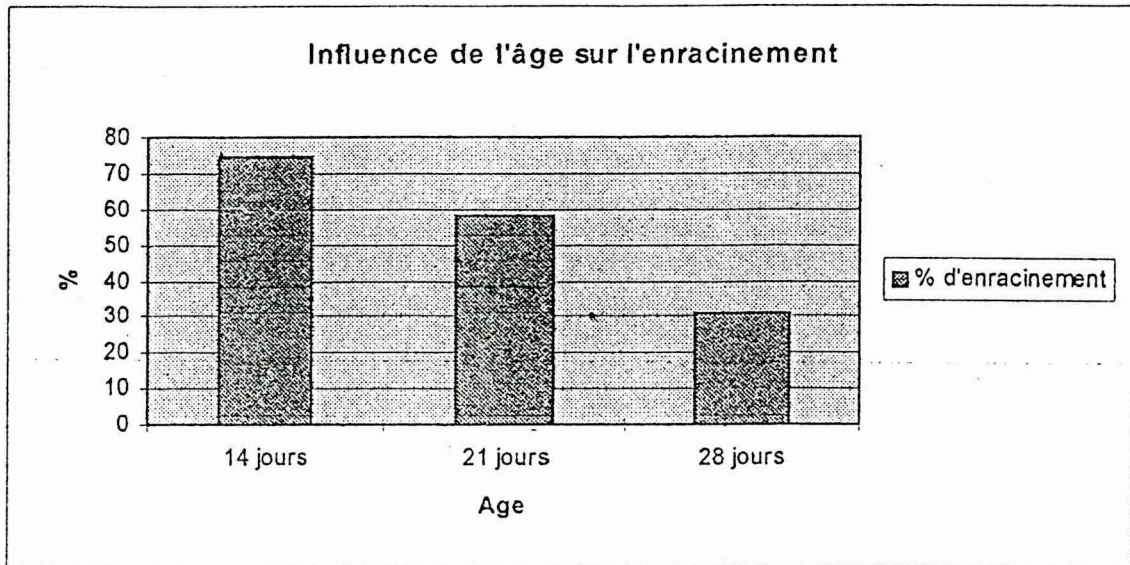
Clones	% d'enracinement	groupes homogènes (test de ki2 à 5%)
12	91.7	
13	77.8	
10	66.7	
22	63.6	
3	60	
1	56.7	
23	56.7	
15	56	
11	54.6	
21	53.8	
26	36.7	
7	25	
6	23.3	
9	13.3	
16	8.3	
8	0.0	

2.3 - Etude de l'influence de l'âge des boutures sur l'enracinement

Le tableau suivant donne le taux d'enracinement des boutures en fonction de leurs âges (14, jours, 21 jours, 28 jours après recepage). L'évaluation des racines a été effectuée après 30 jours environ de culture. Seul le facteur "périodicité de récolte" a été pris en compte.

Tableau 7 : taux d'enracinement des boutures en fonction de leurs âges :

Age (jours)	nombre de boutures mises en place	nombre de boutures enracinées	% d'enracinement
14	126	94	74.6
21	144	84	58.3
28	152	47	30.9



Le test du χ^2 révèle une différence hautement significative entre les trois types de boutures. Lorsque les boutures sont prélevées après 14 jours de réçepage, le taux d'enracinement est plus élevé. Ces boutures de 14 jours disposent donc le meilleur potentiel qui induit la rhizogenèse.

Discussion

Les résultats obtenus sont en contradiction avec les travaux de Vanié-Bi . Il affirme en effet que ce sont les boutures de 21 jours (deux semaines) ayant une structure anatomique intermédiaire (formations secondaires présentes mais moins différenciées) qui semblent être plus aptes à l'enracinement.

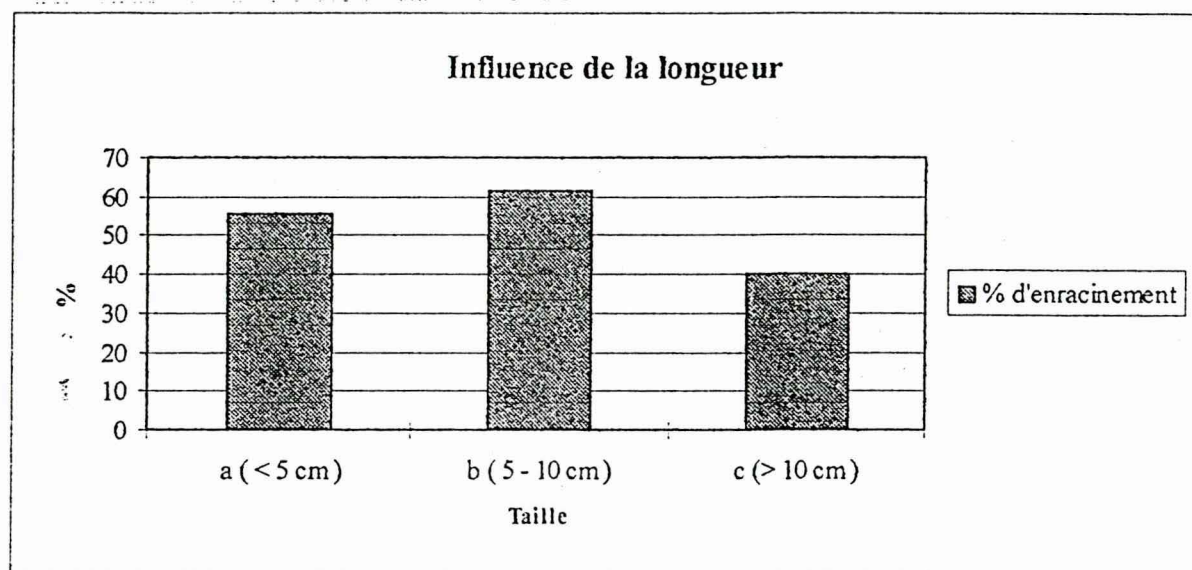
Puisqu'il semble que la rhizogenèse ne peut s'amorcer que chez un organe au sein duquel les cellules cambiales entrent en activité (Vanié-Bi, 1994), il ne serait pas hasardeux d'affirmer que nos boutures de 14 jours ont cette potentialité. Il semble donc que nos boutures et celles de Vanié-Bi ont la même structure et que le milieu et le matériel végétal semble avoir une influence sur l'obtention de cette structure.

2.4 - Influence de la vigueur de la bouture sur l'enracinement

Le but de cet essai est d'étudier l'influence de la longueur des boutures sur l'enracinement. Trois séries ont été réalisées. La durée d'enracinement est le même que dans l'étude précédente. Les résultats obtenus sur l'ensemble des séries sont regroupés dans le tableau 8.

Tableau 8 : pourcentage d'enracinement en fonction de la taille de la bouture

Tailles des boutures	nombre de boutures mises en place	nombre de boutures enracinées	% d'enracinement
a	172	96	55.8
b	135	83	61.5
c	115	46	40.0



Le test du χ^2 au seuil de 5% donne deux groupes homogènes :

- groupe 1 : les tailles (a) et (b)
- groupe 2 : la taille (c).

Les boutures dont la longueur est comprise entre 5 cm et 10 cm avec en moyenne 4 noeuds et densité moyenne de **0,3** noeuds par cm de tige (taille b), semblent être plus aptes à l'enracinement. Le taux d'enracinement a été de plus de 60% pour ce type de boutures.

Discussion

Nous constatons que le taux d'enracinement augmente graduellement avec la taille de la bouture pour ensuite descend lorsque cette taille est supérieure à 10 cm. Ces résultats confirment ceux de Vanié-Bi qui montre que ce sont les boutures moyennes (> à 7 cm) qui donnent le meilleur pourcentage d'enracinement. Les plus courtes résistent moins aux conditions de culture. Les boutures les plus longues ont produit souvent des çals gênant l'enracinement.

2.5 - Influence de la longueur de la bouture en fonction de l'âge

Les taux d'enracinement des boutures en fonction de la taille et de l'âge sont présentés dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9 : Effet de la taille en fonction de l'âge

Age (jours)	Taille	boutures mises	b o u t u r e s enracinées	% d'enracin.
14	a	95	63	66.32
	b	31	31	100.00
	c			
21	a	42	18	42.86
	b	59	38	64.41
	c	43	28	65.12
28	a	35	15	42.86
	b	45	14	31.11
	c	72	18	25.00

Age/Taille	a	b	c
14	66	100	
21	42	65	65
28	43	31	25

Le test du χ^2 au seuil de 5% donne une différence significative entre les boutures de taille (a) et les boutures de taille (b) lorsqu'elles sont âgées de 14 jours. Ce test au même seuil donne deux groupes homogènes (groupe 1 : c et b, groupe 2 : a) lorsque ces boutures sont âgées de 21 jours. A 28 jours il n'y a plus de différence significative entre les trois types de boutures (a, b et c).

Discussion

Dans l'ensemble, dans chaque classe de taille de la bouture, le taux d'enracinement décroît des boutures de 14 jours aux boutures de 28 jours. La présence de la taille (c) au sein des boutures âgées de 14 jours nous aurait mieux situé.

L'âge semble avoir un effet négatif sur la supériorité des boutures de taille (b). En effet, les taux d'enracinement des boutures de taille (b) et (c) s'équilibrent lorsque les boutures sont âgées de 21 jours. En ce qui concerne les boutures de 28 jours, c'est la taille (a) qui offre le meilleur taux d'enracinement.

La bouture dite " idéale " présente donc les caractéristiques suivantes :

- âge : 14 jours après recepage du pied mère,
- taille (b) : 5 à 10 cm, 4 noeuds en moyenne soit 4 paires de feuilles en moyenne.

Le type de matériel végétal influe très peu sur les résultats obtenus comme l'indiquent les tableaux suivants. En effet, quelle que soit l'origine des boutures utilisées, la bouture qui semble être la meilleure est celle décrite précédemment (taille (b) âgée de 14 jours). Les boutures ayant ces caractéristiques donnent 100% d'enracinement quelque soit l'origine des pieds mères.

Tableau 10 : taux d'enracinement (%) des boutures du type 1

Age / Taille	a	b	c
14	56	100	
21	42	60	80
28	47	44	20

Tableau 11 : taux d'enracinement (%) des boutures du type 2

Age / Taille	a	b	c
14	75	100	
21	33	65	58
28	31	6	26

Tableau 12 : taux d'enracinement (%) des boutures du type 3

Age / Taille	a	b	c
14	100		
21	100	100	100
28	60	100	50

CONCLUSION

L'analyse des résultats de nos essais de bouturage herbacé du Teck met en évidence quelques facteurs principaux qui influencent l'enracinement :

- les conditions de culture des boutures sous mist-system : la terre humifère, avec plus 52%, constitue le meilleur substrat d'enracinement. Cependant on notera que les taux d'enracinement sont statistiquement équivalents pour les substrats utilisés.

- le matériel végétal : on obtient une grande variabilité du taux d'enracinement suivant le type de pieds mères (26% à 100) et suivant les clones de chaque type de pieds mères (0% à 100%). Les clones greffés de 9 ans présentent des aptitudes d'enracinement beaucoup plus intéressantes que ceux de plus de 10 ans. Et les semis de 4 mois sont plus aptes à l'enracinement que ceux de 3 ans.

- les caractères histologiques des boutures : les boutures prélevées après 14 jours de recepage semblent donner de meilleurs résultats quant à l'aptitude à l'enracinement.

- les caractéristiques morphologiques des boutures : les bonnes boutures sont celles qui ont une longueur comprise entre 5 cm et 10 cm avec en moyenne 4 paires de feuilles.

Le taux d'enracinement obtenu reste dans l'ensemble inférieur à ceux obtenus avec les espèces de la même famille comme le Gmelina (> 80% : Legare D., 1991 (a)) et les espèces d'autres familles comme le Samba (>80% : Legare D., 1991 (b)).

Ainsi, dans le but d'améliorer ce taux chez le teck, nous travaillerons à l'avenir sur les deux points suivants :

- l'effet des hormones sur l'enracinement.

- la recherche d'un compromis entre la production des boutures de taille (b) et l'âge idéal de récolte qui est subordonné au mode de gestion des pieds mères pour confirmer les premiers résultats obtenus sur l'étude de ces facteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Béhagel I.**, 1995 : Multiplication végétative du *Cedrela odorata* - Méthode, fourniture de tête de clones, verger à graines de clones. Idefor-Cirad, 20 p (document interne)
- Centre Technique Forestier Tropical**, 1989 : Memento du Forestier, 3e édition
- Dagnelie P.**, 1970 : Théories et méthodes statistiques, volume II
- Delaunay**, 1973 : Note sur la mise en place d'essai de bouturage de Teck - Kokondekro
- Godeau M.**, 1996 (a) : Essais de bouturage de Teck- Pépinière d'Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/DFO, CIRAD-FORET, 11 p (document interne)
- Godeau M.**, 1996 (b) : Synthèse bibliographique sur le bouturage du Teck, Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/DFO, CIRAD-FORET, 3 p (document interne)
- Legare D.**, 1991 (a) : Bouturage du *Gmelina aborea* à la pépinière du Bandama : recherche et production, période de février à septembre 1990
- Legare D.**, 1991 (b) : La campagne de bouturage 1990/1991 du Samba (*Triplochiton scleroxylon*) à la pépinière du Bandama : résultats de recherche et production
- Monteuus O.**, 1995 : Propagation clonale de Tecks matures par bouturage horticole, Bois et forêts des tropiques - n° 243 (1er trimestre) - p 25 - 29
- Souvannavong O. et Ouattara N.**, 1983: Essais de bouturage herbacé du teck
- Vanié -Bi G.**, 1993 : Bouturage herbacé et étude de quelques aspects histologiques de l rhizogenèse chez le teck (*Tectona grandis*), 70 p

ANNEXE 1 : RESULTATS DU COMPTAGE DES RACINES

Recherche de l'influence du substrat sur l'enracinement**Première série d'essai :**

Date de mise en place : 16/06/97 - 17/06/97

Date d'évaluation : 21/07/1997

Substrats	Clones	Nbre de btures mises	Nbre de btures enrac.	Nbre de racines	Long.(cm) maxi-mini	Cals ou ébauches	Nbre btures mortes
Sable	R4	9	0	0	0 - 0	7	2
	7	4	1	1	0,9 - 0,9	2	1
	16	3	0	0	0 - 0	2	1
	R1	3	0	0	0 - 0	2	1
	54	4	1	1	6,5 - 6,5	3	0
	s/total	23	2	2	6,5 - 0	16	5
terre	R5	3	0	0	0 - 0	3	0
	R4	9	4	12	7,1 - 1	3	2
	7	4	1	2	2,3 - 2,2	3	0
	16	3	0	0	0 - 0	2	1
	R1	3	0	0	0 - 0	3	0
	54	4	1	1	4,8 - 4,8	3	0
	s/total	26	6	15	7,1 - 0	17	3
terre + sable	R5	3	0	0	0 - 0	3	0
	R4	9	0	0	0 - 0	9	0
	7	4	0	0	0 - 0	4	0
	16	3	0	0	0 - 0	2	1
	R1	3	0	0	0 - 0	3	0
	54	4	4	16	5 - 0,4	0	0
	R5	3	0	0	0 - 0	3	0
	s/total	29	4	16	5 - 0	24	1
terre + sciure	R4	9	0	0	0 - 0	9	0
	7	4	0	0	0 - 0	4	0
	16	3	0	0	0 - 0	2	1
	R1	3	0	0	0 - 0	1	2
	54	4	2	6	6 - 0,9	2	0
	R5	3	0	0	0 - 0	3	0
	s/total	26	2	6	6 - 0	21	3

Recherche de l'influence du substrat sur l'enracinement							
Deuxième série d'essai :							
Date de mise en place : 23/06/97 - 25/06/97							
Date d'évaluation : 24/07/97							
Substrats	Clones	Nbre de btures mises	Nbre de btures enrac.	Nbre de racines	Long.(cm) maxi-mini	Cals ou ébauches	Nbre btures mortes
	19	4	4	15	10,5 - 0,1	0	0
	21	4	2	8	5 - 1,5	2	0
	25	4	1	1	1	3	0
Sable	96/71	4	4	12	13 - 2,5	0	0
	5	5	1	2	1,9 - 1,5	4	0
	S3	9	6	17	9,2 - 0,5	2	1
	96/073	9	7	25	13,8 - 1	2	0
s/total		39	25	80	13,8 - 0,5	13	1
	19	4	4	15	10 - 2	0	0
	21	4	4	12	11 - 0,5	0	0
	25	4	3	8	5 - 0,5	0	1
terre	96/71	4	3	10	10 - 0,5	1	0
	5	5	4	7	7 - 0,1	1	0
	S3	9	9	26	14,5 - 0,5	0	0
	96/073	9	9	21	11 - 4	0	0
s/total	s/total	39	36	99	14,5 - 0,1	2	1
	19	4	3	14	8,2 - 1,2	1	0
	21	4	3	9	6,5 - 0,5	1	0
	25	4	1	3	12 - 6	3	0
terre + sable	96/71	4	3	11	11,5 - 0,7	1	0
	5	6	0	0	0	5	1
	S3	9	4	25	15,1 - 0,2	3	2
	96/073	9	9	30	14,5 - 5,2	0	0
s/total		40	23	62	15,1 - 0,2	14	3
	19	4	4	10	9,5 - 0,1	0	0
	21	4	3	9	6,5 - 0,5	1	0
	25	4	0	0	0 - 0	4	0
terre + sciure	96/71	4	4	15	14,5 - 3,5	0	0
	5	6	6	12	5,5 - 0,1	0	0
	S3	9	9	34	15,2 - 0,1	0	0
	96/073	9	8	20	10 - 4	0	1
s/total		40	34	80		5	1
Total		158	118	321		34	6

Recherche de l'influence du substrat sur l'enracinement

Troisième série d'essai :

Date de mise en place : 25/06/97 - 28/06/97

Date d'évaluation : 02/09/97

Substrats	Clones	Nbre de btures mises	Nbre de btures enrac.	Nbre de racines	Long.(cm) maxi-mini	Cals ou ébauches	Nbre btures mortes
Sable	25	5	4	14	10 - 0,5	0	1
	S3	10	9	41	13,5 - 5,5	0	1
	R1	5	0	0		4	1
	R4	5	2	16	11 - 4	2	1
	R6	3	0	0		3	0
s/total		28	15	71		9	4
terre	25	5	2	4	8 - 0,1	2	1
	S3	10	9	23	11 - 0,1	0	1
	R1	5	0	0		4	1
	R4	5	1	1	3,5 - 3,5	3	1
	R6	3	0	0		3	0
s/total	s/total	28	12	28		12	4
terre + sable	25	5	4	7	9,5 - 1,4	1	0
	S3	10	9	27	16 - 5,2	1	0
	R1	5	0	0		5	0
	R4	5	0	0		5	0
	R6	3	0	0		3	0
s/total		28	13	34		15	0
terre + sciure	25	5	3	5	9 - 7,1	2	0
	S3	10	8	35	15 - 3,5	1	1
	R1	5	0	0		4	1
	R4	5	0	0		4	1
	R6	3	0	0		3	0
s/total		28	11	40		14	3
Total		112	51	173		50	11

Recherche des meilleurs clones pour le bouturage

Deuxième série d'essai :

Date de mise en place : 25/07/97(P2 - S3) - 28/07/97(P1)

Date d'évaluation : 02/09/97

Clones	Nbre de btures mises	Date d'évaluation	Nbre de btures enrac.	Nbre de racines	Long.(cm) maxi-mini	Cals ou ébauches	Nbre btures mortes
R2	13	02/07/97	0	0		0	13
16	8	"	3	4	2 - 0,1	0	5
R3	4	"	3	15	10 - 2,5	0	1
13	7	"	2	6	13 - 2,5	0	5
R5	5	"	2	4	0,5 - 0,1	0	3
83	8	"	6	22	13,1 - 6	0	2
60	8	"	0	0		0	8
96	9	"	1	2	2,5 - 1	0	8
54	12	"	6	11	9 - 0,1	0	6
62	8	"	4	6	7,1 - 0,2	0	4
64	16	"	0	0		0	16
S3	16	"	12	30	15 - 0,1	0	4
R7	7	"	0	0		0	7
95	7	"	0	0		0	7
37	4	"	0	0		0	4
97	4	"	0	0		0	4
2	4	"	0	0		0	4
1	17		9	23	17 - 0,5	0	8
3	11	"	4	6	10,5 - 7	0	7
6	10	"	0	0		0	10
7	8	"	1	1	1	3	4
8	15	"	0	0		11	4
9	12	"	4	7	6 - 0,1	7	1
10	12	"	10	30	19 - 0,1	0	2
11	5	"	4	15	8 - 1,3	0	1
12	6	"	5	17	12 - 1,4	0	1
13	6	"	6	31	19 - 1,1	0	0
15	5	"	5	8	14 - 1,5	0	0
16	6	"	1	1	4,5	0	5
22	5	"	5	17	19 - 3,5	0	0
23	10	"	8	28	19 - 3,5	0	2
21	10	"	7	21	10 - 0,5	0	3
26	8	"	5	12	8 - 1,2	0	3
Total	286		113	317		21	152

Recherche des meilleurs clones pour le bouturage

Troisième série d'essai :

Date de mise en place : 14 et 18/08/97

Date d'évaluation :

Clones	Nbre de btures mises	Date d'évaluation	Nbre de btures enrac.	Nbre de racines	Long.(cm) maxi-mini	Cals ou ébauches	Nbre btures mortes
R4	29	12/09/1997	12	15	1 - 0,1	17	0
16	11	15/09/1997	4	4	0,1	7	0
13	11	"	7	9	1,5 - 0,1	2	4
R5	14	"	8	12	2 - 0,1	1	5
R6	14	"	4	5	6 - 0,1	9	1
60	6	"	0	0		6	0
96	7	"	1	3	2 - 0,1	5	1
54	16	12/09/1997	13	45	12 - 0,1	1	2
64	12	15/09/1997	6	10	1,5 - 0,1	4	2
17	11	"	0	0		5	6
R7	7	12/09/1997	0	0		7	0
95	15	"	5	5	0,2 - 0,1	7	3
S3	14	12/09/1997	11	40	16,5 - 2	3	0
3	5	12/09/1997	2	8	6,5 - 0,2	2	1
6	4	"	0	0		1	3
7	10	"	2	4	1 - 0,1	2	6
9	7	"	0	0		5	2
10	4	"	3	7	7 - 0,2	1	0
13	7	"	4	14	17 - 1,6	0	3
15	6	"	4	6	12,5 - 0,1	0	2
21	16	"	10	21	8 - 0,1	3	3
22	10	"	7	21	7,5 - 0,1	1	2
23	6	"	6	19	11,5 - 0,1	0	0
26	11	"	6	9	4,5 - 0,1	0	5
Total	253		115	257		89	51

Essai de bouturage - teck

Etude de l'influence de l'âge des boutures sur l'enracinement

Date du récépage : 15/10/97

Première série : mise en place le 29/10/97

Date d'évaluation : 01/12/97

Pieds-mères	clones	classe	nb btes mises	nb btes enrac.	% d'enrac.	nb racines	L max (cm)	L min (cm)
1	16	a	4	4	100,00	9	16	0,1
1	96	a	3	0	0,00	0	0	0
1	95	a	3	2	66,67	4	8	6
1	60	a	5	0	0,00	0	0	0
1	R4	a	6	5	83,33	15	12,1	1,9
1	54	b	3	3	100,00	14	13,5	7
1	R1	a	5	0	0,00	0	0	0
1	64	a	4	4	100,00	14	18	2,5
1	R5	a	6	2	33,33	2	8	0,1
1	13	a	4	3	75,00	5	14,5	5
1	R3	a	4	3	75,00	15	12	6,1
1	7	a	3	1	33,33	1	7	7
1	54	a	6	6	100,00	13	8	5,3
s/total			58	33	58,93	92		
2	3	a	2	2	100,00	4	8	3
2	3	b	2	2	100,00	13	12,5	7
2	5	a	6	3	50,00	11	22	6
2	7	a	4	4	100,00	9	8	5
2	6	a	3	2	66,67	6	8	4,5
2	2	a	3	0	0,00	0	0	0
2	12	b	3	3	100,00	15	16	8,1
2	23	a	4	4	100,00	9	13	10,5
2	23	b	2	2	100,00	15	21	7,5
2	1	b	6	6	100,00	27	19	1,5
2	21	a	4	4	100,00	14	10,5	8
2	26	b	2	2	100,00	6	9	6,4
2	13	b	4	4	100,00	10	22,5	3
2	25	a	3	2	66,67	6	8,1	3
2	25	b	2	2	100,00	15	10	4,3
2	26	b	5	5	100,00	16	11	4
2	22	a	4	4	100,00	13	15	7,5
2	22	b	1	1	100,00	10	21	5
2	9	a	4	3	75,00	5	7	1,5
2	9	b	1	1	100,00	5	20	7,5
s/total			65	56	86,15	209		
3	S3	a	5	5	100,00	15	16,5	4,1
s/total			5	5	100,00	15		
Total			128	94	74,60	316	11,6	4,4

Etude de l'influence de l'âge des boutures sur l'enracinement

Date du récépage : 15/10/97

Deuxième série : 5/11/97

Date d'évaluation : 17/12/97

pieds-mères	clones	taille de btures	nbre de btures	nb btes enrac.	% d'enrac.	nb racines	L max (cm)	L min (cm)
1	60	a	5	0	0.00	0	0	0
1	95	a	6	3	50.00	7	5	0.5
1	16	a	4	1	25.00	1	7	7
1	64	a	5	5	100.00	15	10	4.5
1	R1	a	4	1	25.00	1	3	3
2	25	a	2	0	0.00	0	0	0
2	6	a	2	1	50.00	1	1	1
2	7	a	3	0	0.00	0	0	0
2	5	a	3	0	0.00	0	0	0
2	1	a	5	4	80.00	5	9.5	0.5
3	S3	a	3	3	100.00	6	9.5	2
s/total			42	18	42.86	36	4.1	1.7
1	R4	b	10	4	40.00	14	12	0.1
1	96	b	3	1	33.33	4	6	5
1	R3	b	1	1	100.00	12	8	1.1
1	54	b	2	2	100.00	3	4	2.5
1	R5	b	5	3	60.00	5	6	5.5
1	13	b	2	2	100.00	5	6	5.5
1	R6	b	4	3	75.00	5	2	1.5
1	R1	b	3	2	66.67	3	1	0.5
2	25	b	2	0	0.00	0	0	0
2	25	b	1	1	100.00	1	10	10
2	23	b	4	4	100.00	17	8	3.5
2	21	b	6	4	66.67	15	9.5	5
2	12	b	2	2	100.00	12	6.5	3.8
2	9	b	3	3	100.00	5	5.5	3
2	22	b	2	0	0.00	0	0	0
2	6	b	1	1	100.00	3	6	5.9
2	7	b	1	0	0.00	0	0	0
2	3	b	2	2	100.00	5	5	4
2	2	b	2	0	0.00	12	6.5	3.8
3	S3	b	3	3	100.00	7	8.5	2.5
s/total			59	38	64.41	128	5.5	3.2
1	54	c	6	4	66.67	13	5.1	1.5
1	R4	c	1	1	100.00	5	4	2.1
1	R6	c	3	3	100.00	5	2	1.5
2	26	c	4	1	25.00	8	8	1
2	21	c	3	3	100.00	3	8	0.1
2	13	c	2	0	0.00	0	0	0
2	9	c	3	0	0.00	0	0	0
2	22	c	3	1	33.33	2	10.5	5
2	3	c	4	4	100.00	21	15.5	0.5
2	5	c	5	5	100.00	12	14.5	3
2	1	c	5	4	80.00	12	5	1.5
2	2	c	2	0	0.00	0	0	0
3	S3	c	2	2	100.00	15	9	0.1
s/total			43	28	65.12	96	6.3	1.3
Total			144	84	53.33	230		

bout-teck2

Date du récépage : 15/10/97
 Première série : mise en place le 13/11/97
 Date d'évaluation : 117/12/97

pieds-mères	clones	taille de btures	nbre de btures	nb btes enrac.	% d'enrac.	nb racines	L max (cm)	L min (cm)
2	26	a	2	1	50.00	1	7	7
2	12	a	1	0	0.00	0	0	0
2	9	a	2	2	100.00	1	3	3
2	7	a	2	0	0.00	0	0	0
2	5	a	4	1	25.00	2	2	0.5
2	1	a	2	0	0.00	0	0	0
3	S3	a	5	3	60.00	10	18	5.5
1	R5	a	4	4	100.00	7	9	5.5
1	R1	a	1	0	0.00	0	0	0
1	64	a	4	2	50.00	3	9	4.5
1	60	a	4	0	0.00	0	0	0
1	16	a	2	1	50.00	1	9	9
1	13	a	2	1	50.00	4	7	5.5
s/total			35	15	42.86	29	7.1	4.5
2	26	b	1	0	0.00	0	0.0	0.0
2	9	b	5	0	0.00	0	0.0	0.0
2	7	b	1	0	0.00	0	0	0
2	6	b	2	1	50.00	2	6.1	6
2	4	b	4	0	0.00	0	0	0
2	1	b	4	0	0.00	0	0	0
1	95	b	6	1	16.67	3	2	0.5
1	R4	b	5	2	40.00	2	5	0.1
1	54	b	1	1	100.00	1	2.5	2.5
1	96	b	1	0	0.00	0	0	0
3	S3	b	1	1	100.00	3	13	6.5
1	R1	b	7	1	14.29	1	5	5
1	13	b	2	2	100.00	6	9	5.6
1	R5	b	2	2	100.00	7	10.5	7.2
1	16	b	2	2	100.00	4	5	2.5
1	64	b	1	1	100.00	2	5	0.1
s/total			45	14	31.11	31	6.3	3.6
2	25	c	6	2	33.33	4	6	2.5
2	26	c	5	1	20.00	4	3	1.5
2	21	c	5	2	40.00	4	4	1.5
2	23	c	3	1	33.33	6	8	4.3
2	3	c	6	2	33.33	1	6	6
2	1	c	5	1	20.00	3	9	3.5
2	5	c	4	2	50.00	1	5	5
2	2	c	3	0	0.00	0	0	0
2	6	c	3	0	0.00	0	0	0
2	9	c	3	0	0.00	0	0	0
2	22	c	3	0	0.00	0	0	0
2	13	c	2	1	50.00	2	2.5	1
2	12	c	2	1	50.00	2	9.5	3.5
1	54	c	8	3	37.50	6	5	1.5
1	96	c	2	0	0.00	0	0	0
1	R4	c	10	1	10.00	3	0.9	0.1
3	S3	c	2	1	50.00	5	2	0.1
s/total			72	18	25.00	41	5.1	2.5
Total			152	47	30.92	101		

ANNEXE 2 : FORMULE DU TEST DE χ^2

Annexe 2 :

comparaison de proportions :

Danielie (1970) nous propose une méthode pour déterminer si deux proportions p_1 et p_2 où pour chacune les nombres totaux d'observations sont respectivement n_1 et n_2 sont significativement différentes. Elle passe par le calcul d'une valeur appelée X^2_{obs} dont la formule est la suivante :

$$X^2_{obs} = \frac{n (n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21})^2}{n_1.n_2.n_{.1}n_{.2}}$$

où

$$\begin{aligned}n &= n_1 + n_2 \\n_{11} &= p_1/n_1 \\n_{22} &= (1 - p_2)/n_2 \\n_{12} &= (1 - p_1)/n_1 \\n_{21} &= p_2/n_2 \\n_{.1} &= n_{11} + n_{21} \\n_{.2} &= n_{12} + n_{22}\end{aligned}$$

Les deux proportions sont considérées différentes avec un risque α lorsque :

$$X^2_{obs} \geq X^2_{1-\alpha}$$

où $X^2_{1-\alpha}$ est donnée dans des tables avec un degré de liberté.

ainsi, pour $\alpha = 0,01$ $X^2_{1-\alpha} = 6,63$

$\alpha = 0,05$ $X^2_{1-\alpha} = 3,84$

$\alpha = 0,1$ $X^2_{1-\alpha} = 2,71.$

ANNEXE 3 : RESULTATS DU TEST DE STUDENT NEWMAN KEULS

```
by sub;  
run;  
data percent;  
set bturage;  
pct=(bte/btm)*100;  
run;  
data bturage;  
infile 'a:\euloge\bout.prn';  
input sub serie btm bte btmo;  
proc sort;  
by sub;  
run;
```

```
data percent;  
set bturage;  
pct=(bte/btm)*100;  
run;
```

```
data trans;  
set percent;  
trs=2*arsin(sqrt(pct/100));  
run;
```

```
proc glm;  
class sub;  
model trs=sub;  
means sub/snk;  
run;
```

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
SUB	4	1 2 3 4
SERIE	3	1 2 3

Number of observations in data set = 12

The SAS System 08:05 Tuesday, November 11, 1997 8

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: TRS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Error	5	4.09693636	0.81938727	10.64	0.0061
Residual	6	0.46191886	0.07698648		
Corrected Total	11	4.55885522			
R-Square		C.V.	Root MSE	TRS Mean	
0.898677		19.17943	0.27746437	1.44667718	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	0.20986111	0.06995370	0.91	0.4905
Error	2	3.88707525	1.94353763	25.25	0.0012
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	0.20986111	0.06995370	0.91	0.4905
Error	2	3.88707525	1.94353763	25.25	0.0012

The SAS System 08:05 Tuesday, November 11, 1997 9

General Linear Models Procedure

Student-Newman-Keuls test for variable: TRS

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate under the complete null hypothesis but not under partial null hypotheses.

Alpha= 0.05 df= 6 MSE= 0.076986

Number of Means	2	3	4
Critical Range	0.5543449	0.6950854	0.7842451

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	SUB
A	1.6697	3	1
A	1.4210	3	4
A	1.3537	3	2
A	1.3423	3	3

trats:
terre
sable
terre + sable
terre + sciure

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate under the complete null hypothesis but not under partial null hypotheses.

Alpha= 0.05 df= 6 MSE= 0.076986

Number of Means 2 3
Critical Range 0.4800768 0.6019616

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	SERIE
A	2.1260	4	2
B	1.4810	4	3
C	0.7331	4	1

